


## Measuring device for determining the positional accuracy of freely programmable manipulators

Patent Number: DE3526919  
Publication date: 1986-01-02  
Inventor(s): GRIEBEL ULRICH DIPL ING (DE)  
Applicant(s): GRIEBEL ULRICH DIPL ING  
Requested Patent:  DE3526919  
Application Number: DE19853526919 19850725  
Priority Number(s): DE19853526919 19850725  
IPC Classification: G01B21/04; B23Q17/00; B25J9/10  
EC Classification: B25J9/10, G01B21/04, B25J9/16T5  
Equivalents:

---

### Abstract

---

Positional deviations of freely programmable manipulators such as, e.g. industrial robots, which are used for demanding manipulatory tasks can be compensated only if they are known in terms of magnitude and direction. The measuring device described permits determination of the positional accuracy of such units in all six degrees of freedom (position and orientation) during the execution of a preprogrammed movement by the manipulator. It is also possible to measure speeds and accelerations of the manipulator in the direction of the executed movement by means of a combination of measurements of distance and time. In addition, because of its measuring principle the measuring device described is eminently suitable for computer-aided recording and evaluation of measured values.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3526919 A1

⑤ Int. Cl. 4:  
G01 B 21/04  
B 23 Q 17/00  
B 25 J 9/10

⑳ Aktenzeichen: P 35 26 919.7  
㉑ Anmeldetag: 25. 7. 85  
㉒ Offenlegungstag: 2. 1. 86

Bezugsgegenstand

DE 3526919 A1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉓ Anmelder:

Griebel, Ulrich, Dipl.-Ing., 4950 Minden, DE

㉔ Erfinder:

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeräten

Positionsabweichungen von frei programmierbaren Handhabungsgeräten, wie z. B. Industrierobotern, die für anspruchsvolle Handhabungsaufgaben eingesetzt werden, können nur dann kompensiert werden, wenn sie der Größe und Richtung nach bekannt sind. Die beschriebene Messeinrichtung erlaubt eine Bestimmung der Positioniergenauigkeit solcher Geräte in allen sechs Freiheitsgraden (Position und Orientierung) während der Ausführung einer vorprogrammierten Bewegung durch das Handhabungsgerät. Auch Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Handhabungsgerätes in Richtung der ausgeführten Bewegung können mittels einer Kombination von Abstands- und Zeitmessung erfaßt werden.

Darüber hinaus eignet sich die beschriebene Messeinrichtung aufgrund ihres Meßprinzips in vorzüglicher Weise für computerunterstützte Meßwertaufzeichnung und Auswertung.

DE 3526919 A1

Patentansprueche:

- 5 1. Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeraeten in Position und Orientierung waehrend der Ausfuehrung einer vorprogrammierten Bewegung durch das Handhabungsgeraet,
- 10 dadurch gekennzeichnet, dass sechs voneinander unabhaengige Messsignale durch sechs in geeigneter Anordnung befindliche Messwertaufnehmer aufgezeichnet werden, die von dem zu vermessenden Handhabungsgeraet relativ zu einer Schablone bewegt werden, welche die Idealkontur der gewuenschten Bewegung verkoerpert.
- 15
- 20 2. Messeinrichtung nach Anspruch 1,
- 25 dadurch gekennzeichnet, dass eine Information ueber die Positionskoordinate in Richtung der ausgefuehrten Bewegung dadurch gewonnen wird, dass durch einen geeigneten Sensor Messimpulse ausgeloeest werden fuer Zeitmessungen zwischen jeweils zwei aufeinander folgende Markierungen, die in regelmaessigen Abstaenden auf der Schablone angeordnet sind; mit Kenntnis der gemessenen Zeitintervalle koennen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in Richtung der ausgefuehrten Bewegung berechnet werden.

BeschreibungMESSEINRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER POSITIONIERGENAUIGKEIT VON  
5 FREI PROGRAMMIERBAREN HANDHABUNGSGERAETEN.

Die Erfindung betrifft eine Messeinrichtung zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit von frei programmierbaren Handhabungsgeraeten nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10

Fuer zunehmend anspruchsvollere Einsatzaufgaben frei programmierbarer Handhabungsgeraete wie z. B. Industrieroboter ist eine genaue Kenntnis ihres Positionierverhaltens im dreidimensionalen Raum von entscheidender Bedeutung. Dies gilt

15

insbesondere fuer solche Anwendungen, die praezise geradlinige Bewegungen der Handhabungsgegenstaende (Greifer, Werkzeuge, Bauteile) erfordern, z. B. beim Lichtbogenschweissen, Jet Cutting, Laser-Handhabung oder Fuegen und Montage. Eine vollstaendige Beschreibung der Position eines Gegenstandes im

20

dreidimensionalen Raum liegt vor, wenn die Positionskoordinaten und die Orientierungswinkel dieses Gegenstandes bekannt sind (sechs Freiheitsgrade).

Messanordnungen, die sowohl Position wie Orientierung eines Handhabungsgeraetes erfassen, sind bekannt fuer die Bestimmung der Positionsgenauigkeit und Wiederholungsgenauigkeit in einzelnen, diskreten Positionen. Messanordnungen hingegen, die auch fuer in Bewegung befindliche Handhabungsgeraete zur Bestimmung der Positioniergenauigkeit geeignet sind, erfassen ueblicherweise weniger als sechs Messkoordinaten, die zur Positionsbestimmung herangezogen werden koennen (Warnecke, H.J., Schraft, R.D.: Industrial Robots: Application Experience, 1982 I.F.S. Publications Ltd., S. 63-92; Deutsche Ausgabe: Industrieroboter, Krausskopf Verlag GmbH, Mainz 1979).

35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Positioniergenauigkeit frei programmierbarer Handhabungsgeraete in allen sechs Freiheitsgraden (Position und Orientierung) waehrend der Ausfuehrung einer vorprogrammierten Bewegung zu erfassen.

40

Diese Aufgabe wird erfindungsmaessig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 geloest.

Eine Teilaufgabe dabei ist die Erfassung der Positionskoordinate in Richtung der ausgefuehrten Bewegung, die insbesondere bei grossraeumigen Bewegungen nur schwer zu ermitteln ist.

45

Diese Aufgabe wird erfindungsmaessig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 2 geloest.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass dem Anwender eines frei programmierbaren Handhabungsgeraetes  
50 mittels der hier beschriebenen Messeinrichtung eine detaillierte Kenntnis des Positionierverhaltens in allen sechs Freiheitsgraden vermittelt werden kann, die wichtige Aufschluesse

ueber Moeglichkeiten und Grenzen dieses Handhabungsgeraetes zulaesst, bevor eine Einsatzentscheidung getroffen werden muss.

- Naturgemaess muessen waehrend eines Testlaufes eine grosse Anzahl von Messwerten in schneller Folge abgelesen und gespeichert werden, wenn statistisch zuverlaessige Testergebnisse gefordert sind. Eine wirkungsvolle Aufzeichnungsmethode ist deshalb praktisch nicht zu verwirklichen, ohne sich der Hilfe von Computern zu bedienen. Deshalb ist als weiterer Vorteil zu betrachten, dass sich die beschriebene Messeinrichtung in vor-  
10 zueglicher Weise fuer computerunterstuetzte Messwertaufnahme und Auswertung eignet. So kann beispielsweise der durch die Markierungen auf der Schablone hervorgerufene Messimpuls  
15 gemaess Anspruch 2 nicht nur fuer Zeitmessungen genutzt werden, sondern gleichzeitig auch zum Triggern der Messwertuebergabe der uebrigen Messwertnehmer. Bei dieser Vor-  
gehensweise werden die zugeordneten Messwerte verschiedener Testlaeufe grundsaeztlich an demselben Messort aufgezeichnet,  
20 gegeben durch die Position der jeweiligen Markierung auf der Schablone. Eine Abhaengigkeit des Messortes von Schwankungen in der Bewegungsgeschwindigkeit des Handhabungsgeraetes wird somit weitgehend ausgeschaltet.

Ein Ausfuehrungsbeispiel der Erfindung ist in Fig. 1 dargestellt und wird im folgenden naeher beschrieben.

Bei der ausgefuehrten Messeinrichtung nach Fig. 1 werden als  
5 Messwertaufnehmer fuer induktive, analoge Abstandsmesser und ein digitaler Infrarot-Sensor verwendet, montiert in einem integrierten Messkopf. Drei der induktiven Abstandsmesser (X1, X2, X3) sind in einer Ebene des Messkopfes angeordnet fuer die Ermittlung der X-Koordinate und der Winkel  $\beta$  und  $\gamma$ , die  
10 uebrigen beiden (Y1, Y2) sind in einer zweiten Ebene rechtwinklig zur ersten angeordnet fuer die Ermittlung der Y-Koordinate und des Winkels  $\alpha$ . Als Referenzschablone dient ein U-Stahl, dessen Seiten exakt geradlinig und rechtwinklig zueinander geschliffen sind. Als optische Markierung dient ein  
15 Aluminiumstreifen, der auf dem U-Stahl montiert ist und eine Vielzahl von in gleichen Abstaenden eingefraesten Nuten aufweist.

Wird nun der Messkopf, angeflanscht an das zu untersuchende  
20 Handhabungsgeraet, in etwa gleichbleibendem Abstand ueber die Schablone gefuehrt (wobei maximaler und minimaler Abstand durch den Messbereich der induktiven Abstandsmesser bestimmt werden), schaltet das Ausgangssignal des Infrarot-Sensors bei jedem Passieren einer Nutkante von 'High' zu 'Low' oder umge-  
25 kehrt. Wird die Zeitspanne zwischen jedem Wechsel gemessen und aufgezeichnet, koennen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in Richtung der Z-Koordinate leicht berechnet werden, da Nutenabstand und Nutenweite ( $\Delta Z$ ) bekannt sind. Das gleiche Signal wird weiterhin dazu verwendet, die Uebergabe der  
30 induktiv erfassten Abstandsmesswerte zu triggern und jeweils drei  $\Delta X$ -Werte und zwei  $\Delta Y$ -Werte aufzuzeichnen.

Infolge der rechtwinkligen Anordnung der Messwertaufnehmer koennen die aufgezeichneten Relativwerte leicht in die Koordinaten des ortsfesten X, Y, Z,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ - Koordinatensystems,  
35 transformiert werden, das mit der Referenzschablone verbunden ist.

(Ein prototypisches Messsystem, das nach dem hier beschriebenen  
40 Prinzip verwirklicht worden ist, hat die folgenden Kenndaten: Nutzbare Messlaenge des U-Stahls 1000 mm, Nutabstand 2,5 mm, Nutweite 1,25 mm, Abstandsbereich der induktiven Messwertaufnehmer 2 mm bis 10 mm, maximale Bewegungsgeschwindigkeit des Messkopfes 1000 mm/sec., Aufloesung des A/D-Wandlers 0,01 mm.  
45 Messwertaufnahme und Auswertung werden durch einen handelsueblichen Micro-Computer ausgefuehrt, der zu diesem Zweck mit einem geeigneten Data-Acquisition-Board ausgestattet ist.)

3526919

- 5 -

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

35 26 919  
G 01 B 21/04  
25. Juli 1985  
2. Januar 1986

Fig. 1: Prinzipskizze der Messeinrichtung

